

NOTA CIENTÍFICA

RESPIRAÇÃO E BIOMASSA MICROBIANA EM SOLOS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO

RESPIRATION AND MICROBIAL BIOMASS IN SOIL UNDER DIFFERENT SYSTEMS OF USE

Larissa KUMMER¹
Yara Jurema BARROS²
Rossana Ferrari SCHÄFER³
Anna Tereza dos Santos FERREIRA⁴
Mônica Paul FREITAS⁵
Rodrigo Aquino de PAULA⁶
Jair Alves DIONÍSIO⁷

RESUMO

A biomassa e a respiração microbiana são importantes indicadores biológicos da qualidade do solo. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de quatro sistemas de uso do solo sobre a respiração basal (RB) e induzida pelo substrato (RIS) e, também, sobre a biomassa microbiana do solo (BMS). As áreas estudadas pertencem ao Setor de Ciências Agrárias da UFPR sendo: Cássia (agrupamento de *Senna pendula*), Bosque (espécies arbóreas), Pastagem (gramíneas) e Agroecologia (cultivo agroecológico de olerícolas). As amostras foram coletadas na profundidade de 0-10 cm, e determinadas por titulometria a RB, a RIS e a BMS (adição de glicose). Não se constatou diferença entre as áreas em termos de RIS (com silagem de cana) e BMS verificando-se, porém, maior RB nas áreas de Agroecologia, Pastagem e Bosque e maior RIS (com grão de milho) nas áreas de Cássia e Agroecologia. A adição de resíduos de milho e de cana-de-açúcar elevou a RB sendo obtido aumento mais expressivo com milho.

Palavras-chave: respiração basal; milho; silagem de cana-de-açúcar.

ABSTRACT

The respiration and microbial biomass are important biological indicators of the soil quality. Therefore, the present work had as objective to evaluate the influence of four systems of soil use on the basal respiration (BR) and substrate induced respiration (SIR) and, also, soil microbial biomass (SMB). The studied areas belong to the Sector of Agrarian Sciences of the UFPR: Cassia (grouping of *Senna pendula*), Forest (arboreal species), Pasture (grasses) and Agroecology (agroecologic culture of vegetables). The samples were collected in the depth of 0-10 cm, and determined by titrimetric measurements the BR, SIR and the SMB (glucose addition). Were not observed differences among the studies areas relatively to SIR with sugar cane and SMB. However, the BR in Agroecology, Pasture and Forest, and the SIR with maize in Cassia and Agroecology were majors. The addition of maize and sugar cane residues increased the BR, mainly in the SIR with maize, because your lowest C/N relation.

Key-words: basal respiration; maize; sugar cane silage.

¹ Tecnóloga em Química Ambiental, Mestranda do Programa de Pós graduação em Ciência do Solo (Universidade Federal do Paraná - UFPR). E-mail: larikummer@hotmail.com. Av. Sete de Setembro, 5886, apto. 601, 80240-001, Curitiba, PR. Autora para correspondência.

² Tecnóloga em Química Ambiental, Mestranda do Programa de Pós graduação em Ciência do Solo (UFPR). E-mail: yarajuba@gmail.com

³ Bióloga, Mestranda do Programa de Pós graduação em Ciência do Solo (UFPR). E-mail: rossana@deutschkomp.com.br

⁴ Bióloga, Mestranda do Programa de Pós graduação em Ciência do Solo (UFPR). E-mail: anna_t@bol.com.br

⁵ Bióloga, Mestranda do Programa de Pós graduação em Ciência do Solo (UFPR). E-mail: freitas_mo@yahoo.com.br

⁶ Engenheiro Agrônomo, Mestrando do Programa de Pós graduação em Ciência do Solo (UFPR). E-mail: aquinorod@ig.com.br

⁷ Professor adjunto do PPG Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná. Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR. Rua dos Funcionários, 1.540, Curitiba, PR, CEP 80035-050. Brasil. E-mail: jair@ufpr.br.

INTRODUÇÃO

A biomassa microbiana do solo é definida como a parte viva da matéria orgânica do solo excluindo-se as raízes, meso e macrofauna, e funciona como agente de transformação da matéria orgânica, no ciclo de nutrientes e no fluxo de energia (DE-POLLI e GUERRA, 1999; GAMA-RODRIGUES, 1999). Sua estimativa pode fornecer dados úteis sobre modificações nas propriedades biológicas dos solos, decorrentes de práticas agrícolas, como: diferentes tipos de manejo dos solos e de culturas (ALVAREZ et al., 1995; JORDAN et al., 1995), efeito do uso de fertilizantes orgânicos ou minerais e biocidas em geral (ANDERSON e DOMSCH, 1989).

A respiração é o método mais utilizado para quantificar a atividade metabólica nos solos, podendo ser avaliada através da liberação de CO_2 , sendo dividida em dois tipos: respiração basal e respiração induzida pelo substrato (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002). Sua medição é considerada uma estimativa indireta da velocidade de decomposição da matéria orgânica ou de algum material adicionado ao solo (ALEF, 1995; SEVERINO et al., 2004).

Objetivou-se com o presente trabalho estudar a influência de quatro sistemas de uso do solo sobre a respiração basal e induzida pelo substrato e, também, sobre a biomassa microbiana.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em quatro áreas localizadas no Setor de Ciências Agrárias da UFPR em Curitiba, PR, submetidas aos seguintes sistemas de uso do solo: Cássia (0,2 ha) - área plantada por mais de vinte anos com *Cassia bicapsularis*, atualmente *Senna pendula* (ZAMITH e SCARANO, 2004) com adubações e carpina periódicas e sem a aplicação de agrotóxico; Agroecologia (0,15 ha) - área cultivada com olerícolas por mais de quatro anos; Pastagem (2,8 ha) - área cultivada com gramíneas com eventual adubação mineral; Bosque (2,2 ha) - área sem revolvimento cultivada com diversas essências florestais não nativas, dentre as quais: Araucária (*Araucaria angustifolia*), Pinus, (*Pinus* sp), Espinheira Santa (*Maytenus ilicifolia*), Pitanga (*Eugenia uniflora*) e Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata*).

Todos os solos dos locais estudados pertencem à Formação Guabirotuba sendo classificados como Cambissolo. Todas as áreas possuem relevo plano. O clima da região é do tipo Cfb (Sistema de Koeppen).

A coleta das amostras de solo ocorreu no dia 23 de maio de 2006, após um período de estiação prolongada de aproximadamente trinta dias, com temperatura em torno de 20 °C. Para a amostragem utilizou-se o trado tipo holandês, na profundidade de 0-10 cm, resultando em uma amostra composta de 20 sub-amostras aleatórias de cada área. Em seguida, as amostras foram

submetidas à tamização em peneira de 2 mm. As características químicas e a granulometria foram determinadas segundo MARQUES e MOTTA (2003) e MACHADO (2003), respectivamente (Tabelas 1 e 2).

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC). Cada área foi considerada como um tratamento, sendo quatro as variáveis avaliadas: biomassa microbiana do solo (BMS), respiração basal (RB), respiração induzida pelo substrato (RIS) com grão de milho e com silagem seca de cana-de-açúcar. Ambos os substratos foram moídos e tamizados em peneiras com malha de 2 mm. Para todas as variáveis utilizaram-se cinco repetições em bancada.

A RB foi avaliada pelo método estático de incubação, à temperatura ambiente (25 °C) por sete dias, com umidade natural, na presença de NaOH padronizado (0,45 mol L⁻¹) e posterior titulação com HCl 0,5 mol L⁻¹ na presença de BaCl₂ 500 g kg⁻¹ (JENKINSON e POWLSON, 1976). O mesmo procedimento foi realizado para RIS sendo, contudo, adicionados separadamente ao solo, 0,5 g de resíduo de cana-de-açúcar e de milho, deixando-se em repouso nas mesmas condições por três dias, com a umidade ajustada para 50% da capacidade de campo (CC).

A BMS foi determinada pelo método de respiração induzida pelo substrato com cinco repetições. A amostra de solo recebeu a adição de glicose e foi umedecida até 50% da CC e posteriormente incubada na presença de NaOH (0,45 mol L⁻¹) a 25 °C por um período de 4 h procedendo-se ao final a titulação (ANDERSON e DOMSCH, 1989).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para RB, o Bosque, a Agroecologia e a Pastagem apresentaram os maiores resultados (Tabela 3). O menor valor encontrado (Cássia) deveu-se, provavelmente, aos menores teores de carbono orgânico, alumínio (Tabela 1) e umidade (Tabela 2). Segundo ADACHI et al. (2006) quanto maior a umidade e o conteúdo de carbono, maior será a taxa de respiração em ecossistemas tropicais. Além disso, segundo WARDLE (1994), o alumínio limita a atividade de alguns microrganismos devido a sua toxicidade e seu efeito no pH do solo. Nesse sentido é importante destacar que os valores de RB apresentaram alta correlação com a umidade ($r=0,76^*$), e, principalmente, com o carbono orgânico ($r=0,92^*$). Além disso, também se verificou correlação significativa entre a RB e o pH ($r=0,62^*$). Já nos demais sistemas (Bosque, Agroecologia e Pastagem) a presença de cobertura vegetal, com raízes mais abundantes, devem ter influenciado a obtenção de maior taxa respiratória, pois o sistema radicular libera grande quantidade de exsudados que estimulam a atividade microbiana (SANTOS e CAMARGO, 1999).

TABELA 1 – Atributos químicos do solo em quatro sistemas de uso estudados do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2006.

Áreas	pH	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CTC ⁽¹⁾	P	C total	V ⁽²⁾	m ⁽³⁾
	CaCl ₂			cmol _c dm ⁻³				mg dm ⁻³	g dm ⁻³	-----%	-----
Cássia	4,90	0,30	7,80	12,50	5,90	0,61	26,81	40,30	26,90	71	2
Bosque	4,70	1,10	11,30	9,80	4,60	0,42	26,12	3,30	45,00	57	7
Pastagem	5,40	0,00	5,80	14,40	6,80	0,63	27,63	5,20	38,90	79	0
Agroecologia	5,70	0,00	5,40	16,90	7,90	1,00	31,20	22,50	49,80	83	0

⁽¹⁾ Capacidade de Troca Catiônica.⁽²⁾ Saturação por Bases.⁽³⁾ Saturação por alumínio trocável.

TABELA 2 – Análise granulométrica e umidade em quatro sistemas de uso estudados do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2006.

Áreas	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Umidade
					%
Cássia	72,1	62,1	115,9	750	20,26
Bosque	138,0	19,0	93,1	750	28,67
Pastagem	103,1	68,3	78,7	750	23,52
Agroecologia	50,4	35,9	163,7	750	27,28

TABELA 3 - Biomassa microbiana, respiração basal e induzida com grão de milho e silagem de cana-de-açúcar em quatro sistemas de uso do solo estudados do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2006.

Áreas	Tipo de Respiração ⁽¹⁾			Biomassa microbiana ⁽²⁾
	Basal	Induzida com grão de milho	Induzida com silagem de cana	
	-----mg C-CO ₂	100 g solo seco ⁻¹	-----	
Cássia	6,82 b	26,14 a	12,42 a	35,47 a
Bosque	9,80 ab	24,85 b	11,36 a	40,79 a
Pastagem	10,37 a	24,98 b	12,95 a	55,36 a
Agroecologia	10,98 a	26,16 a	14,85 a	35,05 a
CV (%)	20,48	2,05	38,12	1,67

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.⁽²⁾ Dados transformados em log (x).

ASSIS JUNIOR et al. (2003) trabalhando com RB, em Vazante (MG), encontrou os maiores valores para mata nativa e pastagem, e os menores para sistemas de monoculturas e área desmatada. Já COSTA et al. (2008) detectaram que acumulação de material vegetal na superfície do solo, como o plantio direto, aumentou a RB. Tais estudos corroboram com o presente trabalho, já que Agroecologia, Bosque e Pastagem (Tabela 3) apresentaram as maiores taxas respiratórias, sendo que Cássia apresentou o menor valor devido a menor diversidade vegetal e também a maior exposição do solo.

Para RIS verificou-se maiores valores para os dois substratos em relação a RB, observando-se aumentos de 139,5% para cana-de-açúcar e de 278,9% para o milho. Essa situação ocorreu porque os restos culturais que apresentam teor de nitrogênio menor que 18 g kg⁻¹ (CANTARUTTI et al., 1996) e relação C/N maior que 20, têm pequena taxa de mineralização (WHITE, 1984). Portanto, como a silagem de cana possui, em média, 390 a 450 g kg⁻¹ de carbono e 4,6 a 6,5 g kg⁻¹ de N (relação C/N

média de 75,7/1) (TRIVELIN et al., 1995) ela deve apresentar baixa taxa de mineralização líquida do N (OLIVEIRA et al., 1999). Já o grão de milho apresenta teor médio de N de 62 g kg⁻¹ (BARBER e OLSON, 1968) e 420 g kg⁻¹ de C (FERREIRA et al., 2007) (relação C/N média de 6,8/1), o que faz com que sua mineralização ocorra mais rapidamente. Além disso, a cana-de-açúcar apresenta maior concentração de lignina - 50 g kg⁻¹ (MAGALHÃES et al., 2004) que o grão de milho - menos de 1 g kg⁻¹ (PAES, 2006). Estas características contribuem para que a velocidade de decomposição do grão de milho fosse cerca de duas vezes maior que a da silagem de cana-de-açúcar.

Para RIS com cana-de-açúcar, não se verificou diferença significativa entre os sistemas de uso do solo (Tabela 3). É importante ressaltar que apesar de a concentração de fósforo nos sistemas Cássia e Agroecologia ser considerada muito alta (MONTE SERRAT et al., 2006) esse elemento não proporcionou efeito estimulatório suficiente para diferenciá-los.

Os valores encontrados para RIS com milho (Tabela 3) foram estatisticamente superiores para os sistemas Cássia e Agroecologia. O alto desempenho deste último já era esperado, pois já havia apresentado a mais alta taxa de RB, opostamente ao que ocorreu na área de Cássia. Porém, deve-se ressaltar que a concentração inicial de fósforo disponível no solo da área de Cássia era alta (40,30 mg dm⁻³ – Tabela 1) (MONTE SERRAT et al., 2006), o que pode oferecer melhor condição de sobrevivência dos microrganismos heterotróficos pois, segundo BIDERBECK et al. (1984), esse elemento pode oferecer efeito estimulatório na taxa de decomposição de resíduos. Além disso, houve alta correlação ($r = 0,90^*$) entre o fósforo disponível no solo e a RIS com milho.

Os dados de BMS não apresentaram diferença significativa entre os sistemas de uso do solo (Tabela 3). Tal fato ocorreu provavelmente pelas diferenças na composição dos grupos microbianos presentes em cada tratamento. O sistema Cássia apresentou a menor RB, porém sua BMS igualou-se a das demais áreas pois, em função do seu pH ácido, sua composição populacional microbiana deve possuir maior densidade de fungos que,

segundo BRANDÃO (1992), geralmente contribuem com a maior parcela da BMS. Embora não tenha sido verificada diferença significativa de BMS entre as áreas avaliadas os valores observados podem ser considerados expressivos, corroborando com os obtidos por SANTOS et al., (2004) em área de vegetação natural (37 mg 100 g de solo seco⁻¹). SPARLING (1997) destacam que solos com predominância da fração argila, assim como os estudados (Tabela 2), podem apresentar maiores valores de BMS.

CONCLUSÕES

1. Não se constatou diferença na respiração induzida com silagem de cana-de-açúcar e nem tampouco na biomassa microbiana dos solos das áreas de Agroecologia, Pastagem, Bosque e Cássia. Entretanto, verificou-se maior respiração basal nas áreas de Agroecologia, Pastagem e Bosque e maior respiração induzida com grão de milho nas áreas de Cássia e Agroecologia.

2. A adição de resíduos de milho e de cana-de-açúcar elevou a respiração basal sendo obtido aumento mais expressivo com milho.

REFERÊNCIAS

- ADACHI, M.; BEKKU, Y.S.; RASHIDAH, W.; OKUDA, T.; KOIZUMI, H. Differences in soil respiration between different tropical ecosystems. **Applied Soil Ecology**, v. 34, n. 2-3, p. 258-265, 2006.
- ALEF, K. Nitrogen mineralization in soils. In: ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Ed.). **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995. p. 234-245.
- ALVAREZ, R.; DÍAZ, R. A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O. J.; BLOTTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage systems. **Soil and Tillage Research**, v. 33, n. 1, p. 17-28, 1995.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 21, n. 4, p. 471-479, 1989.
- ASSIS JUNIOR, S. L.; ZANUNCIO, J. C.; KASUYA, M. C. M.; COUTO, L.; MELIDO, R. C. N. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 35-41, 2003.
- BARBER, S. A.; OLSON, R. A. Fertilizer use of corner. In: DINAUER, R. C. (Ed.). **Changing patterns in fertilizer use**. Madison: Soil Science Society of America, 1968. p. 163-188.
- BIDERBECK, V. O.; CAMPBELL, C. A.; ZENTHEN, R. P. Effect of crop rotation and fertilization on some biological properties of a loam in southwestern Saskatchewan. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 64, p. 355-367, 1984.
- BRANDÃO, E. M. Os componentes da comunidade microbiana do solo. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Ed.). **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 1-16.
- CANTARUTTI, R. B.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; CASSINI, S. T. Cinética de mineralização do N contido na palha de *Desmodium ovalifolium* CV. Itabela. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia, 1996. **Anais...** Águas de Lindóia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. CD-ROM.
- COSTA, F. S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 323-332, 2008.
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. C. N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 389-411.
- FERREIRA, C. F.; SANTOS, N. Z.; VALASKI, J. C.; PRIOR, S.; MOTTA, A. C. V.; FERREIRA NETO, A.; GABARDO, J. Potencial de seqüestro de carbono atmosférico entre diferentes cultivares de milho (*Zea mays* L.) sob condição de déficit hídrico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. CD-ROM.
- GAMA-RODRIGUES, E. F. da. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 227-244.
- JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effect of biocidal treatment on metabolism in soil. A method of measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 8, n. 3, p. 209-213, 1976.
- JORDAN, D.; KREMER, R. J.; BERGFELD, W. A.; KIM, K. Y.; CACNIO, V. N. Evaluation of microbial methods as potential indicators of soil quality in historical agricultural fields. **Biology and Fertility of Soils**, v. 19, n. 4, p. 297-302, 1995.

16. MACHADO, M. A. M. Procedimentos metodológicos em física do solo relacionados ao manejo dos solos. In: LIMA, M. R. de. (Ed.). **Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícolas**. 2. ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2003. p. 103-141.
17. MAGALHÃES, A. L. R.; CAMPOS, J. M. de S.; CAMPOS, S. de; VALADARES FILHO, S. de C.; TORRES, R. de A.; MENDES NETO, J.; ASSIS, A. J. de. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: desempenho e viabilidade econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 5, p. 1292-1302, 2004.
18. MARQUES, R.; MOTTA, A. C. V. Análise química do solo para fins de fertilidade. In: LIMA, M. R. de. (Ed.). **Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícolas**. 2. ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2003. p. 82-102.
19. MONTE SERRAT, B.; KRIEGER, K. I.; MOTTA, A. C. V. Considerações sobre interpretação de análise de solos (com exemplos). In: LIMA, M. R. de. (Ed.). **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, 2006. p. 125-142.
20. MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Ecologia do Solo. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. (Ed.). **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. p. 81-152.
21. OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G. J. C.; PENATTI, C. P. Degradação da palhada de cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 4, p. 803-809, 1999.
22. PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2006 (Circular técnica, 75).
23. SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. 508 p.
24. SANTOS, V. B. dos; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S.; SILVA, D. G. Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, n. 3, p. 333-338, 2004.
25. SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, M. A. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 5, n. 1, 2004.
26. SPARLING, G. P. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: PANKHURST, C. E.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. (Ed.). **Biological indicators of soil health**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 97-119.
27. TRIVELIN, P. C. O.; VICTORIA, R. L.; RODRIGUES, J. C. S. Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia-15N e uréia-15N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 12, p. 1375-1385, 1995.
28. WARDLE, D. A. Metodologia para a quantificação da biomassa microbiana do solo. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. (Ed.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa/SPI, 1994. p. 419-436.
29. WHITE, P. J. Effects of crop residues incorporation on soil properties and growth of subsequent crops. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v. 24, p. 219-235, 1984.
30. ZAMITH, L. R.; SCARANO, F. R. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 1, p. 161-176, 2004.

Recebido em 20/09/2007

Aceito em 15/10/2008

